

(12)特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局(43) 国際公開日
2004 年 1 月 29 日 (29.01.2004)

PCT

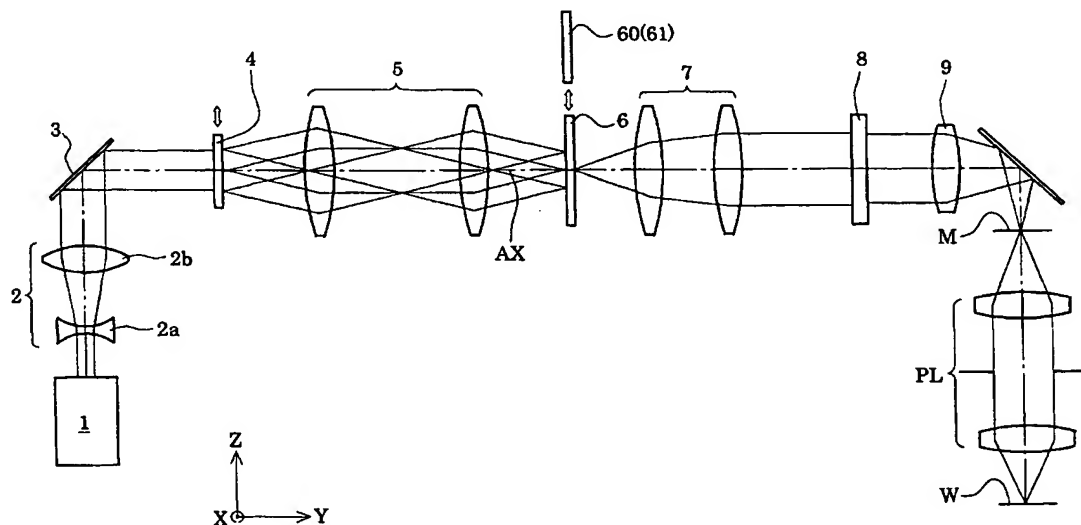
(10) 国際公開番号
WO 2004/010483 A1

- (51) 国際特許分類: H01L 21/027, G03F 7/20
(21) 国際出願番号: PCT/JP2003/007692
(22) 国際出願日: 2003 年 6 月 17 日 (17.06.2003)
(25) 国際出願の言語: 日本語
(26) 国際公開の言語: 日本語
(30) 優先権データ: 特願2002-208985 2002 年 7 月 18 日 (18.07.2002) JP
(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 株式会社ニコン (NIKON CORPORATION) [JP/JP]; 〒100-8331 東京都千代田区丸の内三丁目 2 番 3 号 Tokyo (JP).
(72) 発明者; および
(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 豊田 光紀 (TOYODA, Mitsunori) [JP/JP]; 〒100-8331 東京都千代田区丸の内三丁目 2 番 3 号 株式会社ニコン内 Tokyo (JP).
(74) 代理人: 山口 孝雄 (YAMAGUCHI, Takao); 〒101-0048 東京都千代田区神田司町二丁目 1 0 番地 第一ビル Tokyo (JP).
(81) 指定国 (国内): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, OM, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.
(84) 指定国 (広域): ARIPO 特許 (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア特許 (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ特許 (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR),

[続葉有]

(54) Title: ILLUMINATING OPTICAL SYSTEM, EXPOSURE SYSTEM AND EXPOSURE METHOD

(54) 発明の名称: 照明光学装置、露光装置および露光方法



(57) Abstract: An illuminating optical system substantially free from micro-channel in a diffractive optics disposed on the optical path of a laser beam having a high energy density. An illuminating optical system having a light source (1) for supplying a pulse laser beam that is used to illuminate a surface to be illuminated (M). A diffractive optics (4) disposed on an optical path is provided, the optical path being provided between a light source and a surface to be illuminated to allow a light flux having an energy density of at least 1 mJ/cm²/pulse to pass through. The diffractive optics is formed of an oxide crystal material such as quartz.

(57) 要約: エネルギー密度の高いパルスレーザー光の光路中に配置された回折光学素子においてマイクロチャネルが実質的に発生することのない照明光学装置。パルスレーザー光を供給する光源(1)を有し、この光源からの光で被照射面(M)を照明する照明光学装置。光源と被照射面との間の光路中であって、1mJ/cm²/パルス以上のエネルギー密度を有する光束が通過する光路中に配置された回折光学素子(4)を備えている。回折光学素子は、水晶のような酸化物結晶材料で形成されている。

WO 2004/010483 A1



OAPI 特許 (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW,
ML, MR, NE, SN, TD, TG).

2 文字コード及び他の略語については、定期発行される
各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語
のガイダンスノート」を参照。

添付公開書類:

— 国際調査報告書

明 細 書

照明光学装置、露光装置および露光方法

技術分野

本発明は、照明光学装置、露光装置および露光方法に関し、特に半導体素子、撮像素子、液晶表示素子、薄膜磁気ヘッド等のマイクロデバイスをリソグラフィ工程で製造するための露光装置に好適な照明光学装置に関する。

背景技術

この種の典型的な露光装置においては、光源から射出された光束がフライアイレンズに入射し、その後側焦点面に多数の光源像からなる二次光源を形成する。二次光源からの光束は、フライアイレンズの後側焦点面の近傍に配置された開口絞りを介して制限された後、コンデンサーレンズに入射する。開口絞りは、所望の照明条件（露光条件）に応じて、二次光源の形状または大きさを所望の形状または大きさに制限する。

コンデンサーレンズにより集光された光束は、所定のパターンが形成されたマスクを重疊的に照明する。マスクのパターンを透過した光は、投影光学系を介してウェハ上に結像する。こうして、ウェハ上には、マスクパターンが投影露光（転写）される。なお、マスクに形成されたパターンは高集積化されており、この微細パターンをウェハ上に正確に転写するにはウェハ上において均一な照度分布を得ることが不可欠である。

近年においては、フライアイレンズの射出側に配置された開口絞りの開口部（光透過部）の大きさを変化させることにより、フライアイレンズにより形成される二次光源の大きさを変化させて、照明のコヒーレンシ σ （ σ 値＝開口絞り径／投影光学系の瞳径、あるいは σ 値＝照明光学系の射出側開口数／投影光学系の入射側開口数）を変化させる技術が注目されている。また、フライアイレンズの射出側に配置された開口絞りの開口部の形状を輪帯状や四つ穴状（すなわち 4

極状)に設定することにより、フライアイレンズにより形成される二次光源の形状を輪帯状や4極状に制限して、投影光学系の焦点深度や解像力を向上させる技術が注目されている。

上述のように、従来技術では、二次光源の形状を輪帯状や4極状に制限して変形照明(輪帯照明や4極照明)を行うために、フライアイレンズにより形成された比較的大きな二次光源からの光束を輪帯状や4極状の開口部を有する開口絞りによって制限している。換言すると、従来技術における輪帯照明や4極照明では、二次光源からの光束の相当部分が開口絞りで遮蔽され、照明(露光)に寄与することがない。その結果、開口絞りにおける光量損失により、マスクおよびウェハ上での照度が低下し、露光装置としてのスループットも低下するという不都合があった。

この不都合を解消するために、回折光学素子またはマイクロレンズアレイ(屈折光学素子)からなるオプティカルインテグレータにより光源からの光束を所定の断面形状を有し且つ角度成分を有する光束に変換し、この光束に基づいて光束変換素子としての回折光学素子によりフライアイレンズの入射面に所望形状(輪帯状、4極状など)の照野(ひいてはフライアイレンズの射出面に所望形状の二次光源)を形成する技術が提案されている。

しかしながら、この従来技術では、たとえばKrFエキシマレーザ光源やArFエキシマレーザ光源のようなパルス発振型のレーザ光源を用いた場合、光束発散素子としての回折光学素子またはマイクロレンズアレイにエネルギー密度の非常に高いパルスレーザ光が照射される。その結果、石英のようなアモルファス(非晶質)材料で形成された回折光学素子やマイクロレンズアレイの射出面にはマイクロチャネル(微小孔)が発生し、透過率の低下により光量損失が起こるという不都合があった。

本発明は、前述の課題に鑑みてなされたものであり、エネルギー密度の高いパルスレーザ光の光路中に配置された回折光学素子や屈折光学素子においてマイクロチャネルが実質的に発生することのない照明光学装置を提供することを目的とする。また、本発明は、エネルギー密度の高いパルスレーザ光の光路中に配置された

回折光学素子や屈折光学素子においてマイクロチャネルが実質的に発生することのない照明光学装置を用いて、高いスループットで良好な投影露光を行うことのできる露光装置および露光方法を提供することを目的とする。

発明の開示

前記課題を解決するために、本発明の第1発明では、パルスレーザ光を供給する光源を有し、該光源からの光で被照射面を照明する照明光学装置において、

前記光源と前記被照射面との間の光路中であって、 $1\text{ mJ} / \text{cm}^2$ / パルス以上のエネルギー密度を有する光束が通過する光路中に配置された回折光学素子を備え、

前記回折光学素子を形成する光学材料は酸化物結晶材料を含むことを特徴とする照明光学装置を提供する。

本発明の第2発明では、パルスレーザ光を供給する光源を有し、該光源からの光で被照射面を照明する照明光学装置において、

前記光源と前記被照射面との間の光路中であって、 $1\text{ mJ} / \text{cm}^2$ / パルス以上のエネルギー密度を有する光束が通過する光路中に配置された屈折光学素子を備え、

前記屈折光学素子は、一次元的または二次元的に配置された屈折パターンを有し、

前記屈折光学素子を形成する光学材料は酸化物結晶材料を含むことを特徴とする照明光学装置を提供する。

第1発明および第2発明の好ましい態様によれば、前記酸化物結晶材料は、水晶（結晶石英： SiO_2 ）、チタン酸バリウム（ BaTiO_3 ）、三酸化チタン（ TiO_3 ）、酸化マグネシウム（ MgO ）、サファイア（ Al_2O_3 ）のうちのいずれか1つである。なお、結晶石英（ SiO_2 ）としては、たとえば水晶を用いることができる。また、前記回折光学素子または前記屈折光学素子は、入射光束を所定の光強度分布を有する光束に変換することが好ましい。さらに、前記回折光学素子または前記屈折光学素子を介した光束に基づいて照明瞳面に所定形状の

二次光源を形成するためのオプティカルインテグレータをさらに備えていることが好ましい。

また、第1発明において、 $10\text{ mJ} / \text{cm}^2$ /パルス以上のエネルギー密度を有する光束が通過する光路中に配置された回折光学素子を形成する光学材料が前記酸化物結晶材料を含むことが好ましい。また、第2発明において、 $10\text{ mJ} / \text{cm}^2$ /パルス以上のエネルギー密度を有する光束が通過する光路中に配置されて、一次元的または二次元的に配置された屈折パターンを有する屈折光学素子を形成する光学材料が前記酸化物結晶材料を含むことが好ましい。なお、第1発明および第2発明の好ましい態様によれば、前記酸化物結晶材料の光学軸は照明光学装置の光軸と平行に設定されることが好ましい。ここで、たとえば二軸性結晶の場合には2つの光学軸が存在するが、この場合にはいずれか一方の光学軸を光軸と平行に設定すればよい。

本発明の第3発明では、第1発明または第2発明の照明光学装置と、前記被照射面に配置されたマスクのパターンを感光性基板に投影露光するための投影光学系とを備えていることを特徴とする露光装置を提供する。

本発明の第4発明では、第1発明または第2発明の照明光学装置を介してマスクを照明し、照明された前記マスクに形成されたパターンの像を感光性基板上に投影露光することを特徴とする露光方法を提供する。

図面の簡単な説明

第1図は、本発明の実施形態にかかる照明光学装置を備えた露光装置の構成を概略的に示す図である。

第2図は、マイクロデバイスとしての半導体デバイスを得る際の手法のフローチャートである。

第3図は、マイクロデバイスとしての液晶表示素子を得る際の手法のフローチャートである。

発明を実施するための最良の形態

本発明の実施形態を、添付図面に基づいて説明する。

第1図は、本発明の実施形態にかかる照明光学装置を備えた露光装置の構成を概略的に示す図である。第1図において、感光性基板であるウェハWの法線方向に沿ってZ軸を、ウェハ面内において第1図の紙面に平行な方向にY軸を、ウェハ面内において第1図の紙面に垂直な方向にX軸をそれぞれ設定している。なお、第1図では、照明光学装置が輪帯照明を行うように設定されている。

第1図の露光装置は、露光光（照明光）を供給するためのパルス発振型のレーザー光源1を備えている。レーザー光源1として、たとえば248nmの波長の光を供給するKrFエキシマレーザー光源や193nmの波長の光を供給するArFエキシマレーザー光源などを用いることができる。レーザー光源1からZ方向に沿って射出されたほぼ平行な光束は、X方向に沿って細長く伸びた矩形状の断面を有し、一对のレンズ2aおよび2bからなるビームエキスパンダー2に入射する。各レンズ2aおよび2bは、第1図の紙面内（YZ平面内）において負の屈折力および正の屈折力をそれぞれ有する。したがって、ビームエキスパンダー2に入射した光束は、第1図の紙面内において拡大され、所定の矩形状の断面を有する光束に整形される。

整形光学系としてのビームエキスパンダー2を介したほぼ平行な光束は、折り曲げミラー3でY方向に偏向された後、回折光学素子4を介して、アフォーカルズームレンズ5に入射する。一般に、回折光学素子は、基板に露光光（照明光）の波長程度のピッチを有する段差を形成することによって構成され、入射ビームを所望の角度に回折する作用を有する。具体的には、回折光学素子4は、矩形状の断面を有する平行光束が入射した場合に、そのファースト（またはフラウンホーファー）回折領域に円形状の光強度分布を形成する機能を有する。したがって、回折光学素子4を介した光束は、アフォーカルズームレンズ5の瞳位置に円形状の光強度分布、すなわち円形状の断面を有する光束を形成する。

なお、回折光学素子4は、照明光路から退避可能に構成されている。アフォーカルズームレンズ5は、アフォーカル系（無焦点光学系）を維持しながら所定の範囲で倍率を連続的に変化させることができるように構成されている。アフォー

カルズームレンズ 5 を介した光束は、輪帯照明用の回折光学素子 6 に入射する。アフォーカルズームレンズ 5 は、回折光学素子 4 の発散原点と回折光学素子 6 の回折面とを光学的にほぼ共役に結んでいる。そして、回折光学素子 6 の回折面またはその近傍の面の一点に集光する光束の開口数は、アフォーカルズームレンズ 5 の倍率に依存して変化する。

輪帯照明用の回折光学素子 6 は、平行光束が入射した場合に、そのファーフールドにリング状の光強度分布を形成する機能を有する。なお、回折光学素子 6 は、照明光路に対して挿脱自在に構成され、且つ 4 極照明用の回折光学素子 6 0 や円形照明用の回折光学素子 6 1 と切り換え可能に構成されている。4 極照明用の回折光学素子 6 0 および円形照明用の回折光学素子 6 1 の構成および作用については後述する。

回折光学素子 6 を介した光束は、ズームレンズ 7 に入射する。ズームレンズ 7 の後側焦点面の近傍には、マイクロレンズアレイ（またはフライアイレンズ）8 の入射面が位置決めされている。マイクロレンズアレイ 8 は、縦横に且つ稠密に配列された多数の正屈折力を有する微小レンズからなる光学素子である。一般に、マイクロレンズアレイは、たとえば平行平板にエッチング処理を施して微小レンズ群を形成することによって構成される。

ここで、マイクロレンズアレイを構成する各微小レンズは、フライアイレンズを構成する各レンズエレメントよりも微小である。また、マイクロレンズアレイは、互いに隔絶されたレンズエレメントからなるフライアイレンズとは異なり、多数の微小レンズ（微小屈折面）が互いに隔絶されることなく一体的に形成されている。しかしながら、正屈折力を有するレンズ要素が縦横に配置されている点でマイクロレンズアレイはフライアイレンズと同じ波面分割型のオプティカルインテグレータである。

上述したように、回折光学素子 4 を介してアフォーカルズームレンズ 5 の瞳位置に形成される円形状の光強度分布からの光束は、アフォーカルズームレンズ 5 から射出された後、様々な角度成分を有する光束となって回折光学素子 6 に入射する。すなわち、回折光学素子 4 は、角度光束形成機能を有するオプティカルイ

ンテグレータを構成している。一方、回折光学素子 6 は、平行光束が入射した場合に、そのファーストフィールドにリング状の光強度分布を形成する光束変換素子としての機能を有する。したがって、回折光学素子 6 を介した光束は、ズームレンズ 7 の後側焦点面に（ひいてはマイクロレンズアレイ 8 の入射面に）、たとえば光軸 AX を中心とした輪帯状の照野を形成する。

マイクロレンズアレイ 8 の入射面に形成される輪帯状の照野の外径は、ズームレンズ 7 の焦点距離に依存して変化する。このように、ズームレンズ 7 は、回折光学素子 6 とマイクロレンズアレイ 8 の入射面とを実質的にフーリエ変換の関係に結んでいる。マイクロレンズアレイ 8 に入射した光束は二次元的に分割され、その後側焦点面には入射光束によって形成される照野と同じ輪帯状の多数光源（以下、「二次光源」という）が形成される。

マイクロレンズアレイ 8 の後側焦点面に形成された輪帯状の二次光源からの光束は、コンデンサー光学系 9 の集光作用を受けた後、所定のパターンが形成されたマスク M を重畳的に照明する。マスク M のパターンを透過した光束は、投影光学系 PL を介して、感光性基板であるウェハ W 上にマスクパターンの像を形成する。こうして、投影光学系 PL の光軸 AX と直交する平面（XY 平面）内においてウェハ W を二次元的に駆動制御しながら一括露光またはスキャン露光を行うことにより、ウェハ W の各露光領域にはマスク M のパターンが逐次露光される。

本実施形態では、アフォーカルズームレンズ 5 の倍率が変わると、輪帯状の二次光源の中心高さ（円形状の中心線の光軸 AX からの距離）が変わることなく、その幅（外径（直径）と内径（直径）との差の $1/2$ ）だけが変化する。すなわち、アフォーカルズームレンズ 5 の倍率を変化させることにより、輪帯状の二次光源の大きさ（外径）およびその形状（輪帯比：内径／外径）をともに変更することができる。

また、ズームレンズ 7 の焦点距離が変わると、輪帯状の二次光源の輪帯比が変わることなく、中心高さおよびその幅がともに変化する。すなわち、ズームレンズ 7 の焦点距離を変化させることにより、輪帯状の二次光源の輪帯比を変更することなくその外径を変更することができる。以上より、本実施形態では、ア

フォーカルズームレンズ 5 の倍率とズームレンズ 7 の焦点距離とを適宜変化させることにより、輪帯状の二次光源の外径を変化させることなくその輪帯比だけを変更することができる。

なお、回折光学素子 6 に代えて回折光学素子 6 0 を照明光路中に設定することによって 4 極照明を行うことができる。4 極照明用の回折光学素子 6 0 は、平行光束が入射した場合に、そのファーストフィールドに 4 点状の光強度分布を形成する機能を有する。したがって、回折光学素子 6 0 を介した光束は、マイクロレンズアレイ 8 の入射面に、たとえば光軸 AX を中心とした 4 つの円形状の照野からなる 4 極状の照野を形成する。その結果、マイクロレンズアレイ 8 の後側焦点面にも、その入射面に形成された照野と同じ 4 極状の二次光源が形成される。

4 極照明においても輪帯照明の場合と同様に、アフォーカルズームレンズ 5 の倍率を変化させることにより、4 極状の二次光源の外径（4 つの円形状の面光源に外接する円の直径）および輪帯比（4 つの円形状の面光源に内接する円の直径 / 4 つの円形状の面光源に外接する円の直径）をともに変更することができる。また、ズームレンズ 7 の焦点距離を変化させることにより、4 極状の二次光源の輪帯比を変更することなくその外径を変更することができる。その結果、アフォーカルズームレンズ 5 の倍率とズームレンズ 7 の焦点距離とを適宜変化させることにより、4 極状の二次光源の外径を変化させることなくその輪帯比だけを変更することができる。

また、回折光学素子 4 を照明光路から退避させるとともに、回折光学素子 6 または 6 0 に代えて円形照明用の回折光学素子 6 1 を照明光路中に設定することによって、通常の円形照明を行うことができる。この場合、アフォーカルズームレンズ 5 には光軸 AX に沿って矩形状の断面を有する光束が入射する。アフォーカルズームレンズ 5 に入射した光束は、その倍率に応じて拡大または縮小され、矩形状の断面を有する光束のまま光軸 AX に沿ってアフォーカルズームレンズ 5 から射出され、回折光学素子 6 1 に入射する。

ここで、円形照明用の回折光学素子 6 1 は、回折光学素子 4 と同様に、矩形状の断面を有する平行光束が入射した場合に、ファーストフィールドに円形状の光強度

分布を形成する機能を有する。したがって、回折光学素子 6 1 により形成された円形光束は、ズームレンズ 7 を介して、マイクロレンズアレイ 8 の入射面において光軸 A X を中心とした円形状の照野を形成する。その結果、マイクロレンズアレイ 8 の後側焦点面にも、光軸 A X を中心とした円形状の二次光源が形成される。この場合、アフォーカルズームレンズ 5 の倍率またはズームレンズ 7 の焦点距離を変化させることにより、円形状の二次光源の外径を適宜変更することができる。

本実施形態では、レーザ光源 1 から供給されたパルスレーザ光は、ビームエキスパンダー 2 を介して光束断面がある程度拡大されるものの、非常に高いエネルギー密度を有する状態で回折光学素子 4 に入射する。具体的には、回折光学素子 4 に入射するパルスレーザ光の 1 パルス当りのエネルギー密度が、たとえば $20 \text{ mJ} / \text{cm}^2$ / パルス以上に達することもある。この場合、従来技術にしたがって回折光学素子 4 を石英のようなアモルファス（非晶質）材料で形成すると、回折光学素子 4 の射出面にはマイクロチャネルが発生する。その結果、回折光学素子 4 の透過率が低下し、回折光学素子 4 における光量損失に起因して露光装置のスループットが低下してしまう。

そこで、本実施形態では、たとえば水晶（結晶石英： SiO_2 ）のような酸化物結晶材料を用いて回折光学素子 4 を形成している。水晶で形成された回折光学素子 4 では、エネルギー密度が高いパルスレーザ光の照射を受けてもマイクロチャネルが発生することなく、しかもプラズマエッチングやイオンエッチング等のドライエッチング技術を用いて、微細な回折パターンを形成することが可能である。ちなみに、フッ化物結晶材料である、たとえば蛍石（ CaF_2 ）の場合もマイクロチャネルの発生を抑えることができるが、ドライエッチング技術を用いて微細な回折パターンを形成するためには非常に時間がかかるという問題がある。

ここで、回折光学素子 4 を形成する酸化物結晶材料は水晶に限定されることなく、光源の波長に応じて、たとえばチタン酸バリウム（ BaTiO_3 ）、三酸化チタン（ TiO_3 ）、酸化マグネシウム（ MgO ）、サファイア（ Al_2O_3 ）などを用いることもできる。以上のように、本実施形態では、エネルギー密度の高いパルスレーザ光の光路中に配置された回折光学素子 4 が酸化物結晶材料で形成され

ているので、マイクロチャネルが実質的に発生することなく且つドライエッチングにより微細な回折パターンの形成が容易であり、高いスループットで良好な投影露光を行うことができる。また、酸化物結晶材料が複屈折性を有する場合には、酸化物結晶材料の光学軸を照明光学装置の光軸と平行に設定することが好ましい。これにより、複屈折の影響を最小限に抑えることが可能になる。なお、酸化物結晶材料が二軸性結晶である場合には、酸化物結晶材料に2つの光学軸が存在するが、この場合にはいずれか一方の光学軸を光軸と平行に設定すればよい。

なお、上述の実施形態では、角度光束形成機能を有するオプティカルインテグレータとしての回折光学素子4に本発明を適用しているが、これに限定されることなく、レーザ光源1とマスクMとの間の光路中であって $1\text{ mJ} / \text{cm}^2$ / パルス以上のエネルギー密度を有する光束が通過する光路中に配置された一般的な回折光学素子に対して本発明を適用することもできる。

ところで、上述の実施形態では、回折光学素子4に代えて、たとえば正六角形状または正形状の微小レンズからなるマイクロレンズアレイを用いる変形例も可能である。この場合、4極照明に際して、マイクロレンズアレイ8の後側焦点面には4つの正六角形状または正形状の面光源からなる4極状の二次光源が形成される。この変形例においても、従来技術にしたがってマイクロレンズアレイを石英で形成するとその射出面にはマイクロチャネルが発生するが、本発明のしたがって水晶のような酸化物結晶材料でマイクロレンズアレイを形成すれば、マイクロチャネルが実質的に発生することなく且つドライエッチングにより微細な屈折パターンの形成が容易になる。

したがって、上述の実施形態では、回折光学素子に本発明を適用しているが、これに限定されることなく、レーザ光源1とマスクMとの間の光路中であって $1\text{ mJ} / \text{cm}^2$ / パルス以上のエネルギー密度を有する光束が通過する光路中に配置され且つ一次元的または二次元的に配置された屈折パターンを有する一般的な屈折光学素子に対して本発明を適用することもできる。

上述の実施形態にかかる露光装置では、照明光学装置によってマスク（レチクル）を照明し（照明工程）、投影光学系を用いてマスクに形成された転写用のパ

ターンを感光性基板に露光する（露光工程）ことにより、マイクロデバイス（半導体素子、撮像素子、液晶表示素子、薄膜磁気ヘッド等）を製造することができる。以下、上述の実施形態の露光装置を用いて感光性基板としてのウェハ等に所定の回路パターンを形成することによって、マイクロデバイスとしての半導体デバイスを得る際の手法の一例につき第2図のフローチャートを参照して説明する。

先ず、第2図のステップ301において、1ロットのウェハ上に金属膜が蒸着される。次のステップ302において、その1ロットのウェハ上の金属膜上にフォトリソグレイスが塗布される。その後、ステップ303において、上述の実施形態の露光装置を用いて、マスク上のパターンの像がその投影光学系を介して、その1ロットのウェハ上の各ショット領域に順次露光転写される。その後、ステップ304において、その1ロットのウェハ上のフォトリソグレイスの現像が行われた後、ステップ305において、その1ロットのウェハ上でレジストパターンをマスクとしてエッチングを行うことによって、マスク上のパターンに対応する回路パターンが、各ウェハ上の各ショット領域に形成される。その後、更に上のレイヤの回路パターンの形成等を行うことによって、半導体素子等のデバイスが製造される。上述の半導体デバイス製造方法によれば、極めて微細な回路パターンを有する半導体デバイスをスループット良く得ることができる。

また、上述の実施形態の露光装置では、プレート（ガラス基板）上に所定のパターン（回路パターン、電極パターン等）を形成することによって、マイクロデバイスとしての液晶表示素子を得ることもできる。以下、第3図のフローチャートを参照して、このときの手法の一例につき説明する。第3図において、パターン形成工程401では、上述の実施形態の露光装置を用いてマスクのパターンを感光性基板（レジストが塗布されたガラス基板等）に転写露光する、所謂光リソグラフィ工程が実行される。この光リソグラフィ工程によって、感光性基板上には多数の電極等を含む所定パターンが形成される。その後、露光された基板は、現像工程、エッチング工程、レジスト剥離工程等の各工程を経ることによって、基板上に所定のパターンが形成され、次のカラーフィルター形成工程402へ移行する。

次に、カラーフィルター形成工程 4 0 2 では、R (Red)、G (Green)、B (Blue) に対応した 3 つのドットの組がマトリックス状に多数配列されたり、または R、G、B の 3 本のストライプのフィルターの組を複数水平走査線方向に配列したカラーフィルターを形成する。そして、カラーフィルター形成工程 4 0 2 の後に、セル組み立て工程 4 0 3 が実行される。セル組み立て工程 4 0 3 では、パターン形成工程 4 0 1 にて得られた所定パターンを有する基板、およびカラーフィルター形成工程 4 0 2 にて得られたカラーフィルター等を用いて液晶パネル（液晶セル）を組み立てる。セル組み立て工程 4 0 3 では、例えば、パターン形成工程 4 0 1 にて得られた所定パターンを有する基板とカラーフィルター形成工程 4 0 2 にて得られたカラーフィルターとの間に液晶を注入して、液晶パネル（液晶セル）を製造する。

その後、モジュール組み立て工程 4 0 4 にて、組み立てられた液晶パネル（液晶セル）の表示動作を行わせる電気回路、バックライト等の各部品を取り付けて液晶表示素子として完成させる。上述の液晶表示素子の製造方法によれば、極めて微細な回路パターンを有する液晶表示素子をスループット良く得ることができる。

なお、上述の実施形態では、コンデンサー光学系 9 によって二次光源からの光を集光して重疊的にマスク M を照明している。しかしながら、これに限定されることなく、コンデンサー光学系 9 とマスク M との間の光路中に、照明視野絞り（マスクブラインド）と、この照明視野絞りの像をマスク M 上に形成するリレー光学系とを配置しても良い。この場合、コンデンサー光学系 9 は、二次光源からの光を集光して重疊的に照明視野絞りを照明することになり、リレー光学系は照明視野絞りの開口部（光透過部）の像をマスク M 上に形成することになる。

また、上述の実施形態では、露光光として KrF エキシマレーザ光（波長：248 nm）や ArF エキシマレーザ光（波長：193 nm）を用いているが、これに限定されることなく、他の適当なパルス発振型のレーザ光源に対して本発明を適用することもできる。さらに、上述の実施形態では、照明光学装置を備えた投影露光装置を例にとって本発明を説明したが、マスク以外の被照射面を照明す

るための一般的な照明光学装置に本発明を適用することができることは明らかである。

産業上の利用の可能性

以上説明したように、本発明の照明光学装置では、エネルギー密度の高いパルスレーザ光の光路中に配置された回折光学素子や屈折光学素子が水晶のような酸化物結晶材料で形成されているので、マイクロチャネルが実質的に発生することなく且つドライエッチングにより微細な回折パターンや屈折パターンの形成が容易である。

したがって、本発明の露光装置および露光方法では、エネルギー密度の高いパルスレーザ光の光路中に配置された回折光学素子や屈折光学素子においてマイクロチャネルが実質的に発生することのない照明光学装置を用いて、高いスループットで良好な投影露光を行うことにより良好なデバイスを製造することができる。

請 求 の 範 囲

1. パルスレーザ光を供給する光源を有し、該光源からの光で被照射面を照明する照明光学装置において、

前記光源と前記被照射面との間の光路中であって、 $1\text{ m J} / \text{c m}^2$ / パルス以上のエネルギー密度を有する光束が通過する光路中に配置された回折光学素子を備え、

前記回折光学素子を形成する光学材料は酸化物結晶材料を含むことを特徴とする照明光学装置。

2. 請求の範囲第 1 項に記載の照明光学装置において、

前記回折光学素子は、前記光源と前記被照射面との間の光路中であって、 $10\text{ m J} / \text{c m}^2$ / パルス以上のエネルギー密度を有する光束が通過する光路中に配置されていることを特徴とする照明光学装置。

3. パルスレーザ光を供給する光源を有し、該光源からの光で被照射面を照明する照明光学装置において、

前記光源と前記被照射面との間の光路中であって、 $1\text{ m J} / \text{c m}^2$ / パルス以上のエネルギー密度を有する光束が通過する光路中に配置された屈折光学素子を備え、

前記屈折光学素子は、一次元的または二次元的に配置された屈折パターンを有し、

前記屈折光学素子を形成する光学材料は酸化物結晶材料を含むことを特徴とする照明光学装置。

4. 請求の範囲第 3 項に記載の照明光学装置において、

前記屈折光学素子は、前記光源と前記被照射面との間の光路中であって、 $10\text{ m J} / \text{c m}^2$ / パルス以上のエネルギー密度を有する光束が通過する光路中に配置

されていることを特徴とする照明光学装置。

5. 請求の範囲第1項乃至第4項のいずれか1項に記載の照明光学装置において、

前記酸化物結晶材料は、水晶 (SiO_2)、チタン酸バリウム (BaTiO_3)、三酸化チタン (TiO_3)、酸化マグネシウム (MgO)、サファイア (Al_2O_3) のうちのいずれか1つであることを特徴とする照明光学装置。

6. 請求の範囲第1項乃至第5項のいずれか1項に記載の照明光学装置において、

前記回折光学素子または前記屈折光学素子は、入射光束を所定の光強度分布を有する光束に変換することを特徴とする照明光学装置。

7. 請求の範囲第1項乃至第6項のいずれか1項に記載の照明光学装置において、

前記回折光学素子または前記屈折光学素子を介した光束に基づいて照明瞳面に所定形状の二次光源を形成するためのオプティカルインテグレータをさらに備えていることを特徴とする照明光学装置。

8. 請求の範囲第1項乃至第7項のいずれか1項に記載の照明光学装置において、

前記酸化物結晶材料の光学軸が前記照明光学装置の光軸とほぼ平行に設定されていることを特徴とする照明光学装置。

9. 請求の範囲第8項に記載の照明光学装置において、

前記酸化物結晶材料は複数の光学軸を備え、

該複数の光学軸のうちの1つが前記照明光学装置の光軸とほぼ平行に設定されていることを特徴とする照明光学装置。

10. 請求の範囲第1項乃至第9項のいずれか1項に記載の照明光学装置において、

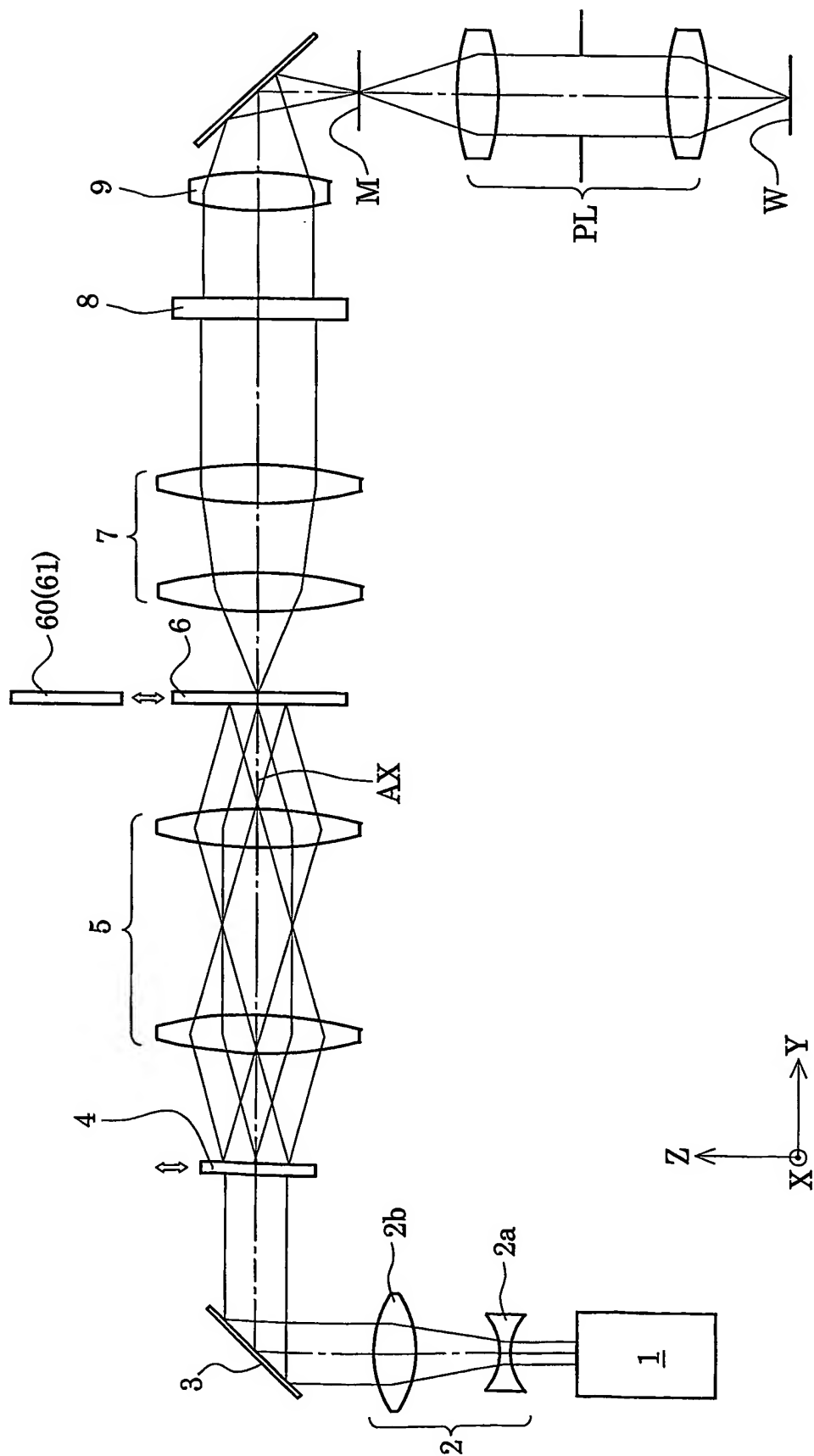
前記回折光学素子または前記屈折光学素子は、ドライエッチングにより形成された表面形状を備えることを特徴とする照明光学装置。

11. 請求の範囲第1項乃至第10項のいずれか1項に記載の照明光学装置と、前記被照射面に配置されたマスクのパターンを感光性基板に投影露光するための投影光学系とを備えていることを特徴とする露光装置。

12. 請求の範囲第1項乃至第10項のいずれか1項に記載の照明光学装置を介してマスクを照明し、照明された前記マスクに形成されたパターンの像を感光性基板上に投影露光することを特徴とする露光方法。

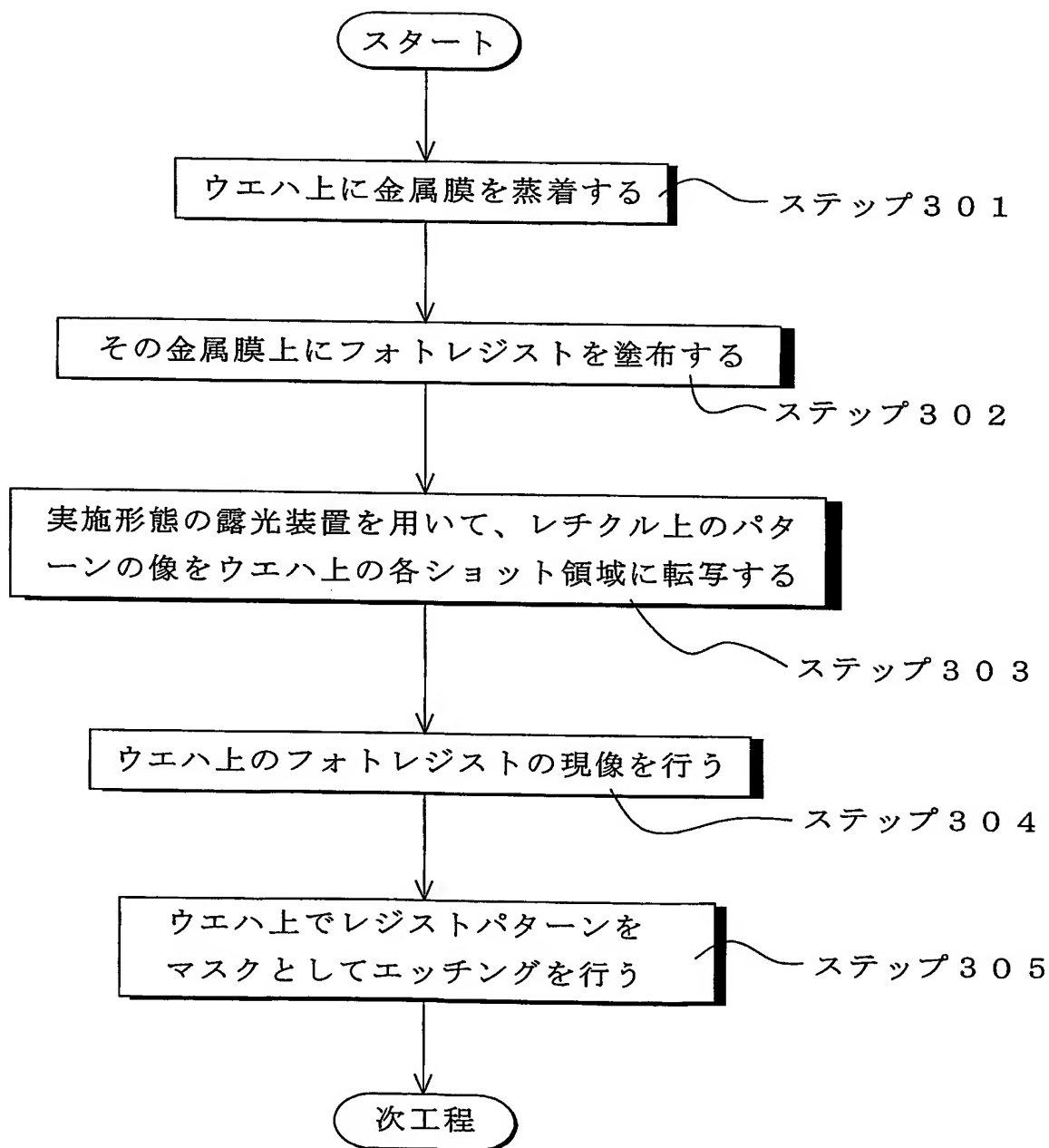
1 / 3

第1図



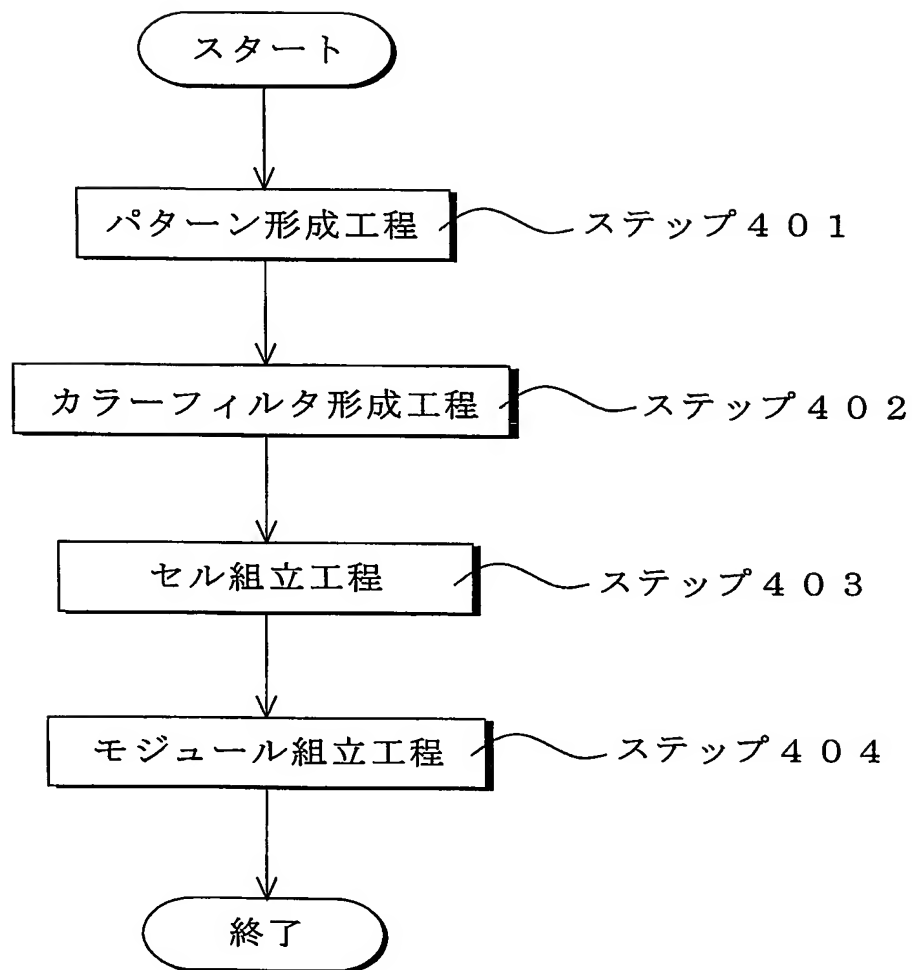
2 / 3

第 2 図



3 / 3

第 3 図



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/07692

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
Int.Cl⁷ H01L21/027, G03F7/20

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl⁷ H01L21/027, G03F7/20

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho 1926-1996 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2003
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2003 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2003

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
P,X	JP 2002-323658 A (Carl-Zeiss Semiconductor Manufacturing Technologies AG.), 08 November, 2002 (08.11.02), Claims; Par. Nos. [0001], [0003], [0048], [0060], [0072], [0074]; Figs. 1, 3, 5, 7, 9 (Family: none)	3, 5, 7, 11, 12
X	DE 10029938 A1 (Carl Zeiss), 05 July, 2001 (05.07.01), Claims; page 2, lines 16 to 27; Fig. 1 & JP 2001-53002 A	3, 5, 7, 11, 12
A	DE 10062579 A1 (Nikon Corp.), 21 June, 2001 (21.06.01), Full text; all drawings & JP 2001-176772 A & JP 2001-338861 A & JP 2002-40327 A	1-12

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier document but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search
12 August, 2003 (12.08.03)

Date of mailing of the international search report
26 August, 2003 (26.08.03)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/07692

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 00/67303 A1 (Nikon Corp.), 09 November, 2000 (09.11.00), Full text; all drawings & AU 4143000 A	1-12
A	EP 854374 A2 (NIKON CORP.), 22 July, 1998 (22.07.98), Full text; all drawings & JP 10-206798 A	1-12

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))
Int. Cl⁷ H01L21/027, G03F7/20

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))
Int. Cl⁷ H01L21/027, G03F7/20

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1926-1996年
日本国公開実用新案公報 1971-2003年
日本国登録実用新案公報 1994-2003年
日本国実用新案登録公報 1996-2003年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
P, X	JP 2002-323658 A (カール・ツアイス・セミコンダクタ・マニファクチュアリング・テクノロジーズ・アーゲー) 2002. 11. 08, 特許請求の範囲, 段落0001, 0036, 0048, 0060, 0072, 0074, 図1, 3, 5, 7, 9 (ファミリーなし)	3, 5, 7, 11, 12
X	DE 10029938 A1 (Carl Zeiss) 2001. 07. 05, 特許請求の範囲, 第2頁第16-27行, 図1 & JP 2001-53002 A	3, 5, 7, 11, 12

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。

☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

- 「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願日の後に公表された文献
「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日
12. 08. 03

国際調査報告の発送日
26.08.03

国際調査機関の名称及びあて先
日本国特許庁 (ISA/JP)
郵便番号100-8915
東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)
新井 重雄
電話番号 03-3581-1101 内線 3274

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	DE 10062579 A1 (Nikon Corp) 2001. 06. 21, 全文, 全図&JP 2001-17677 2 A&JP 2001-338861 A&JP 2002-4 0327 A	1-12
A	WO 00/67303 A1 (株式会社ニコン) 2000. 11. 09, 全文, 全図&AU 4143000 A	1-12
A	EP 854374 A2 (NIKON CORPORATIO N) 1998. 07. 22, 全文, 全図&JP 10-20679 8 A	1-12